



Universidad del Salvador

Facultad de Ciencia y Tecnología

Carrera de Ingeniería Industrial

Trabajo Final de Ingeniero

**Proyecto de Factibilidad:
“PRODUCCIÓN DE POSTES PARA EL
TENDIDO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS
ELABORADOS CON PRFV”**

Presentado por: Pablo Macri

Septiembre 2014

ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	5
1.1- Historia de los plásticos reforzados en Argentina	5
1.2- Descripción del proceso de pultrusión (proceso de referencia)	7
1.2.1- Propiedades mecánicas del material (composite plástico)	10
1.2.2- Características del material	10
2- OBJETIVO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
2.1- Objetivo del proyecto	14
2.2- Descripción del proyecto	15
3- DESARROLLO DEL PROYECTO	16
3.1- Modelo actual de apoyo para líneas eléctricas de distribución de BT y MT	16
3.2- Ventajas y desventajas de la utilización de postes de madera y hormigón armado	21
3.3- Presentación del nuevo modelo: postes compuestos en P.R.F.V. ..	22
3.3.1- Materias primas que intervienen en su fabricación	22
3.3.2- Equipamiento requerido para el proyecto	31
3.3.3- Normativa mundial aplicable a la fabricación de postes compuestos	37
3.3.4- Análisis de mercado	50

3.4- Proyección de la planta industrial	52
3.4.1- Selección y zonificación de la planta	52
3.4.2- Ejecución de obra civil y construcción metálica de la nave	54
3.4.3- Lay-out de la planta	61
3.4.4- Logística de distribución del producto	61
3.5- Estudio económico del proyecto	63
3.5.1- Cálculo de Inversiones (terreno, infraestructura, instalaciones y maquinaria)	63
3.5.2- Cálculo de Costos Operativos de Producción	63
3.5.3- Evaluación financiera - Cálculo del Valor Actual Neto (VAN). Tasa Interna de Retorno (TIR)	66
4- CONCLUSIONES	72
5- BIBLIOGRAFÍA	74
6- ANEXOS	76
6.1- Características técnicas de la maquinaria utilizada.....	77
6.3- Plano Lay-out Planta Industrial.....	91
6.2- Materias primas utilizadas, hojas de seguridad y producto.....	93
6.3- Presupuestos generales.....	108

TÍTULO DEL PROYECTO

Proyecto de Factibilidad: "PRODUCCIÓN DE POSTES PARA EL TENDIDO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS ELABORADOS CON PRFV".

SÍNTESIS

El uso de materiales compuestos en la ingeniería estructural ha crecido notablemente en los últimos años gracias a las ventajas que aportan en relación con los materiales constructivos convencionales. Las numerosas cualidades funcionales de estos materiales, tales como la ligereza, el bajo mantenimiento, la multitud de formas y su gran resistencia mecánica y química hacen de ellos una alternativa o complemento ideal al hormigón o el acero.

En concreto, los materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio (PRFV) fabricados por pultrusión son de gran utilidad en el ámbito del diseño de puentes, ya que se utilizan tanto como para hacer rígidos los tableros o como refuerzos de vigas o pilares. Su fácil transporte y colocación en obra son sus grandes ventajas frente a los materiales tradicionales. Sin embargo, la falta de una guía de diseño normalizada sobre estos materiales frena su evolución. Se han realizado distintos estudios y se han elaborado normativas sobre materiales PRFV pultrusionados, pero la falta de crítica constructiva y de unificación de ideas han evitado la coordinación de una guía de diseño global.

Realizaré un proyecto de factibilidad sobre la producción de postes para el tendido de líneas eléctricas de distribución de baja tensión y media tensión

(BT y MT) elaboradas con PRFV que sirva como reemplazo de los postes de hormigón armado y madera utilizados actualmente en diferentes países. Además, planificaremos la planta industrial para la fabricación de dichos postes mediante el proceso conocido como pultrusión.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

1- INTRODUCCIÓN

1.1- Historia de los plásticos reforzados en Argentina

Los plásticos reforzados se definen como aquellos materiales contruidos por una resina, generalmente termoestable, y refuerzos fibrosos como ser fibra de vidrio, kevlar, carbono, etc. Es en esta rama de los plásticos donde se producen las piezas de mayor tamaño y peso de la industria.

La complejidad de estos compuestos deviene de las infinitas combinaciones posibles de resinas, refuerzos, cargas, sistemas de catalización y procesos.

El partir de resinas líquidas, sin forma inherente, además de la posibilidad de la ubicación del refuerzo en cantidad y orientación determinadas, permite una enorme flexibilidad en el diseño. Las piezas obtenidas pueden ser en su relación resistencia/peso más fuertes que el acero.

En general, con las resinas más usuales, como por ejemplo el poliéster, no se requiere presión para el moldeo por proceso manual, ya que se verifica una reacción de adición que no genera subproductos volátiles.

En el procesado de estos materiales se emplean distintos métodos: desde el manual, que utiliza moldes del mismo material, sin límites de tamaño pero lento y sujeto a la calidad del operador; a sistemas mecanizados, con buen control de calidad pero con límites de tamaño y costos de matricería y equipos más elevados.

Las aplicaciones de los PRFV (plásticos reforzados con fibra de vidrio) han invadido terrenos nuevos y reservados a otros materiales en todas las actividades humanas. Hoy vemos barcos de considerable porte, artículos de

deportes, cañerías de pequeño y gran diámetro, y alta y baja presión, módulos habitacionales, vehículos, aviones etc., construidos en PRFV. Las resinas de poliéster, que son comúnmente las más usadas, hicieron su aparición en 1946, fecha que puede considerarse como la del inicio de la era de los PRFV.

Su otro componente, la fibra de vidrio, es mucho más antiguo. Ya los egipcios decoraban vasos y jarrones con fibras de vidrio y los fabricantes de vidrio de Murano en Venecia hacían encajes con este material en el siglo XVI. También en los Estados Unidos de América en 1893 se hacían pantallas para lámparas con filamentos obtenidos de una varilla de vidrio caliente a través de una bobinadora a pedal. Su desarrollo tuvo lugar en la Primera Guerra Mundial debido a la escasez de amianto y de allí en más se fue perfeccionando el sistema de producción: hileras, bobinadoras, etc. Para el año en 1938 se crea *Owens Corning* (OC) para la producción de artículos industriales en fibra de vidrio. Desde ese momento, continuó el enorme y rápido desarrollo de esta industria.

En nuestro país la producción de partes en PRFV alcanza un valor promedio de 700 ton/mes. En rubros tales como los de producción de caños y tanques existe una buena capacidad instalada con equipos modernos. La industria náutica realiza embarcaciones de todo tipo con un alto nivel de calidad; se producen autopartes, chapas traslúcidas, piezas industriales, partes arquitectónicas, cabinas para distintas aplicaciones, piletas de natación, juegos, etc.

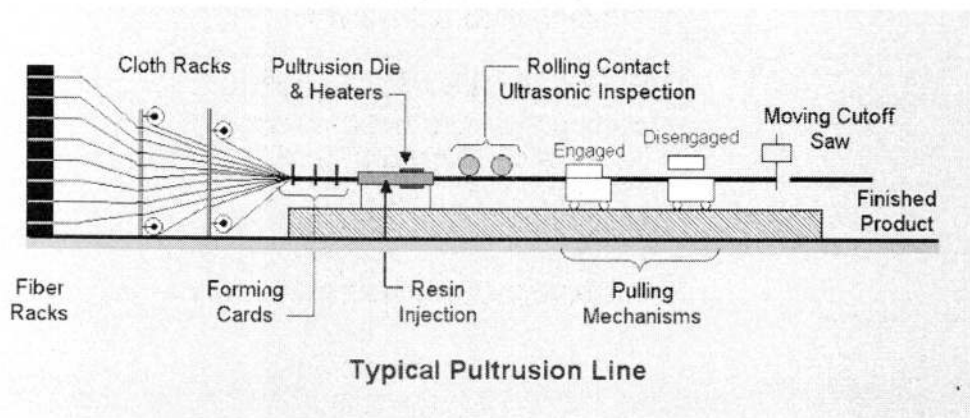
Así pues este es el panorama de una industria que no conoce todavía sus límites, ya que su tecnología avanza continuamente y cada día surgen nuevas aplicaciones, materiales y procesos.

1.2- Descripción del proceso de pultrusión (proceso de referencia)

La pultrusión es un proceso de fabricación de estructuras de materiales compuestos automático, continuo y muy versátil, con el que se obtienen perfiles de sección constante con distintas formas. En todos los casos se usa la fibra de refuerzo que va embebida en una resina termoestable, que luego reacciona químicamente cuando se le aplica calor y genera una reacción exotérmica.

Es un proceso de fabricación muy competitivo debido a su alta automatización y a la gran variedad de formas que se pueden obtener. La pultrusión permite la incorporación de muy diversos materiales al proceso: desde la fibra más habitual, que es la fibra de vidrio, hasta fibras como el carbono o la aramida. Dentro de las resinas, las más habituales son las de poliéster y vinil éster, aunque las fenólicas y epoxi son también pultrusionables en un grado menor.

Figura 1
Proceso de pultrusión



El proceso se inicia tirando de las fibras de refuerzo en forma de *roving*, tejido, *mat*, etc., que están colocadas en forma de bobinas en unas estanterías al comienzo de la línea.

Figuras 2 y 3
Parte inicial con las bobinas y estantes con mats de fibra de refuerzo

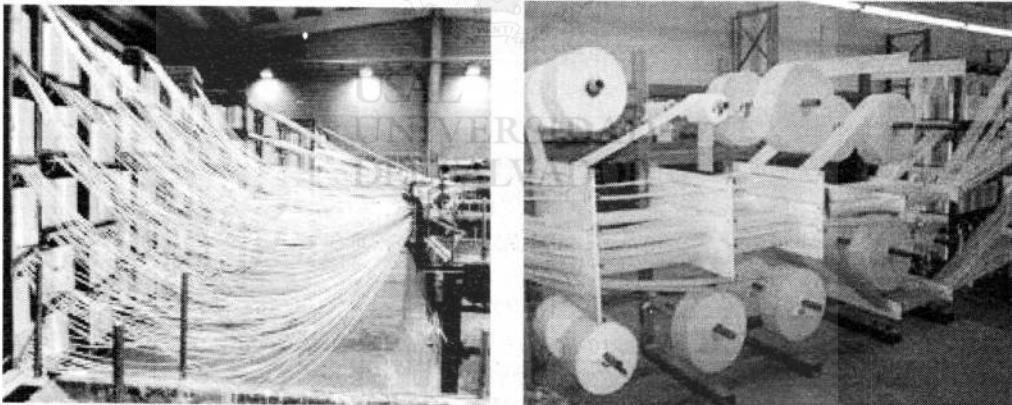
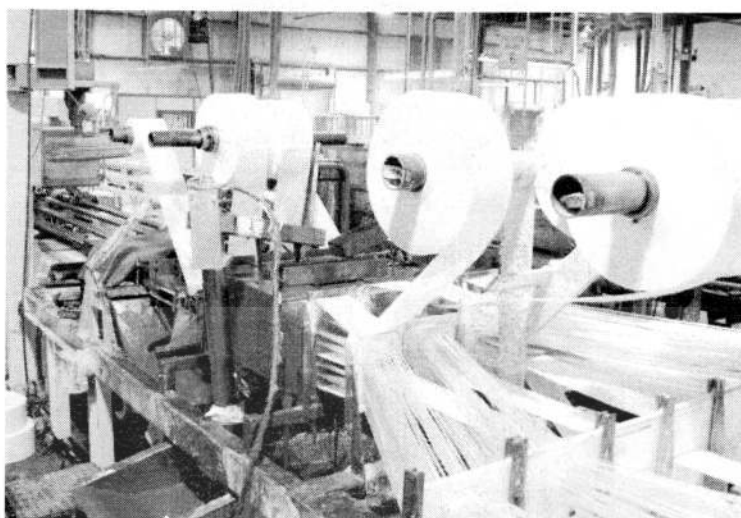


Figura 4
Mats de fibra de refuerzo



El refuerzo se impregna de resina líquida al pasar a través de un baño o a través de una zona de conformado donde son preformadas con la forma de la sección del molde. Una vez preformadas, las fibras entran en el molde que tiene la forma precisa de la sección que se pretende obtener y en el cual, a través de un proceso térmico y de presión, se polimeriza la resina termoestable por medio de una reacción altamente exotérmica. De esta manera se obtiene la forma final de la pieza.

Una vez que el perfil sale del molde se deja enfriar a temperatura ambiente mediante una corriente forzada de aire, mientras es continuamente tirado por un mecanismo que simultáneamente engancha y tira del perfil. El perfil sale del mecanismo de tirado y se lo corta mediante una sierra automática a la longitud requerida por el cliente.

De las distintas ventajas que ofrece el proceso de pultrusión, a diferencia de otros procesos de fabricación de materiales compuestos, se destacan:

- ✓ Producción continua y de bajo coste,
- ✓ Alta velocidad de producción,
- ✓ Versatilidad de formas,
- ✓ Posibilidad de grandes longitudes,
- ✓ Buen acabado superficial,
- ✓ Selección direccional de propiedades.

1.2.1- Propiedades mecánicas del material (composite plástico)

Las propiedades mecánicas del material compuesto final, en cualquiera de las direcciones, dependen no solo del porcentaje de fibras y de volumen orientadas en la misma dirección, sino también de las propiedades mecánicas de la fibra, la matriz y de la adherencia entre los dos componentes.

A continuación, se presentan las principales características del material usado en los ensayos experimentales, las cuales son la base del trabajo. El material es GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) fabricado por un proceso de pultrusión por *Fiberline Composites*.

1.2.2- Características del material

Los materiales en cuestión se conforman por una matriz polimérica y un refuerzo de fibras. A continuación, se especifican las características de los dos componentes del material usado en los ensayos:

Matriz: Formada por resina de poliéster no saturada isoftálica (P2600 *Isophthalic polyester*).

Tabla 1
Propiedades de P2600

Propiedades de la resina pura P2600					
Resistencia a flexión [Mpa]	Resistencia a tracción (Mpa)	Módulo de Tracción (Gpa)	Deformación de rotura (%)	Densidad (g/cm3)	Coefficiente de Poisson
140	70-85	8,5	3,5	1,2- 1,5	0,37 - 0,39

Refuerzo: Formado por fibra de vidrio tipo *E-Glass*.

Tabla 2
Propiedades de la fibra de vidrio *E-Glass*

Propiedades de la fibra de vidrio E (<i>E-Glass</i>)				
Densidad (Kg/m3)	Resistencia a tracción (Gpa)	Módulo de Tracción (Gpa)	Peso específico (KN/m3)	Deformación de rotura (%)
2580	3,4	86	25	2,5

Figura 5
Hilos roving

